

不同附着基对毛蚶幼虫附着变态影响的研究¹

高霄龙¹, 李 莉², 邱兆星², 孔令锋¹, 郑永允², 李 琪¹

(1. 中国海洋大学 水产学院, 山东 青岛 266003; 2. 山东省海水养殖研究所, 山东 青岛 266002)

摘要: 研究对比了 5 种不同类型的附着基对毛蚶(*Scapharca subcrenata*)幼虫附着变态的影响。研究发现, 聚乙烯网片、红棕帘、波纹板附着基的附苗量显著优于尼龙窗纱和棉布附着基。竖直放置的附着基上附苗量优于水平放置, 竖直放置的附着基上, 中、下三层苗种附着量也有显著差异, 下层苗种附着量显著优于上层和中层。此外, 通过比较三种不同颜色的附着基上毛蚶幼虫的附着量, 表明深颜色的聚乙烯网片(黑色)较浅颜色的网片(绿色和白色)吸引更多的幼虫附着。因此, 在生产过程中通过使用深颜色的聚乙烯网片, 并将其放置于水体的中下部将会提高幼虫的附着量, 从而获得稳定高效的育苗效果。

关键词: 毛蚶(*Scapharca subcrenata*); 附着基; 颜色

中图分类号: S968.31 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2013)08-0061-06

毛蚶(*Scapharca subcrenata*)隶属于瓣鳃纲、翼形亚纲、蚶目、蚶科, 是我国重要海洋经济贝类。随着人们生活水平的不断提高, 对海产品的需求量也不断增大。毛蚶因其肉味鲜美、营养价值丰富、产量高, 因而广受消费者和养殖户的青睐。2010 年, 我国蚶类产量达到 310 380 t, 比 2009 年增加 33 638 t, 养殖面积超过 75 714 ha, 比前一年增长 6 915 ha^[1], 其养殖产业得到了迅猛发展。近年来, 过度捕捞以及栖息地的破坏已经导致了毛蚶野生资源严重衰退, 为了满足市场和资源保护的需要, 国内已经开展了大规模的苗种繁育工作。

胚胎发育过程中对于要进行附着变态的贝类幼虫来说, 附着基的选择是至关重要的, 而附着基的选择又受到水体环境变量之间复杂的相互作用的调节, 这其中既包括生物、化学、物理因素的影响, 也包括光照、饵料供应和同种个体成体存在的影响^[2-8]。在生物因素中, 附着基表面的物理条件(如粗糙度、颜色、有机组成等)影响海洋生物幼体的附着^[9-14]。育苗生产中通常使用各种各样的天然和人工材料作为贝类幼虫的附着基, 包括贝壳、网片、波纹板、聚乙烯薄膜、单层纤维、棕绳等。为研究不同附着基对毛蚶幼虫附着变态的影响, 本研究比较了聚乙烯网片、红棕帘、波纹板、尼龙窗纱和棉布作为附着材料的附着诱导效果, 同时还使用黑色、绿色和白色聚乙烯网片, 以期查清幼虫在附着变态时对不同颜色附着基的选择偏好。

1 材料与方法

1.1 实验材料

实验用毛蚶苗种来自山东省日照市福源育苗场, 当池中幼虫发育至眼点幼虫, 平均壳长达到 245.8 $\mu\text{m} \pm 29.7 \mu\text{m}$, 壳高达到 176.6 $\mu\text{m} \pm 23.3 \mu\text{m}$ 时, 将幼虫转移至 60 L 的塑料水桶(直径 35 cm, 高 70 cm)中, 水中幼虫的密度均为 5 个/mL, 培育过程中提供连续微量充气。每天早晨和下午各进行一次换水, 换水量为水体的 50%, 实验过程中溶氧 5.85~6.12 mg/L, 平均水温是 26.8 \pm 2.3 $^{\circ}\text{C}$, 水体 pH 为 7.86 \pm 0.2, 盐度为 28。实验过程中以金藻(*Isochrysis zhanjiangensis*)作为主要的饵料, 并辅以角毛藻(*Chaetoceros muelleri*)、小球藻(*Chlorella vulgaris*)或者海洋红酵母, 前期每天投喂 3 次, 每次 3 万个/mL, 后期每天投喂 4 次, 投饵量控制在 5 万个/mL。

1.2 方法

在对比不同类型附着基对毛蚶幼虫附着变态影响的试验中, 选取 5 种不同的附着基, 分别是聚乙烯

收稿日期: 2013-06-05; 修回日期: 2013-06-19

基金项目: 国家海洋公益性行业科研专项(201205023); 国家科技支撑计划项目(2010BAC68B01)

作者简介: 高霄龙(1988-), 男, 河北邢台人, 硕士研究生, 从事贝类遗传育种学研究, 电话: 0532-82031622, E-mail: g19880302@sina.com; 郑永允, 通信作者, 电话: 0532-82677800, E-mail: zyy19541201@163.com

网片(PVC)、波纹板、红棕帘、尼龙窗纱和全棉斜纹棉布。聚乙烯网片、波纹板和尼龙窗纱在投入使用前均要经过 2×10^{-6} 的高锰酸钾溶液浸泡 1 h, 而后取出反复冲洗 3 次晒干备用; 红棕帘首先进行捶打而后再在水中浸泡 3 d, 然后加热煮沸, 冷却后再浸泡 2 d 晒干备用; 棉布表面粗糙质地柔软, 使用前需加热煮沸去除有害物质, 冷却后浸泡 24 h 备用。每个桶内均放置两片相同材质的附着基, 一片用沉子固定水平平铺于桶底, 另一片用浮子和沉子固定使其竖立于水中, 待水中没有浮游幼虫存在时停止实验开始计数。实验需对比各种附着基的单位附着量、竖直放置和水平放置幼虫单位附着量的差异以及竖直放置上中下层单位附着量的差异, 每一种类型的附着基处理组设置 3 个平行组。待桶内毛蚶幼虫全部附着以后, 随机剪取不同附着基处理组的一部分放入稀释的碘酒溶液中浸泡, 待苗种从附着基上脱落以后计数和测量。

同时为研究附着基颜色差异对毛蚶幼虫的附着变态的影响, 实验选取了白色、绿色和黑色 3 种不同颜色的聚乙烯网片, 比较不同颜色附着基的附着量, 以及竖直放置与水平放置、不同水层放置附着基对附苗率的影响。每一种不同颜色的网片设置 3 个平行组。

实验数据用 SPSS16.0 软件进行 One-ANOVA 单因素方差分析, 并用 Duncan 进行多重比较分析, 显著性水平为 $P < 0.05$ 。

2 结果

2.1 不同附着基类型对毛蚶幼虫附着变态的影响

2.1.1 附着基类型对毛蚶幼虫附着变态的影响

聚乙烯网片、红棕帘、波纹板处理组苗种单位附着量均显著优于棉布和尼龙窗纱处理组 ($P < 0.05$), 幼虫附着数量依次为聚乙烯网片 > 红棕帘 > 波纹板; 棉布和尼龙窗纱处理组附着效果均不佳, 二者之间并没有显著性差异(图 1)。

2.1.2 附着基摆放方式对毛蚶幼虫附着的影响

由图 2 可知, 在棉布、窗纱、聚乙烯网片和波纹板处理组中竖直放置的附着基上幼虫单位附着量要显著优于水平放置 ($P < 0.05$), 而在红棕帘处理组中这种差异并不显著。

2.1.3 附着基上中下三层毛蚶幼虫附着量的差异

在棉布和红棕帘处理组中幼虫在下层的附着量

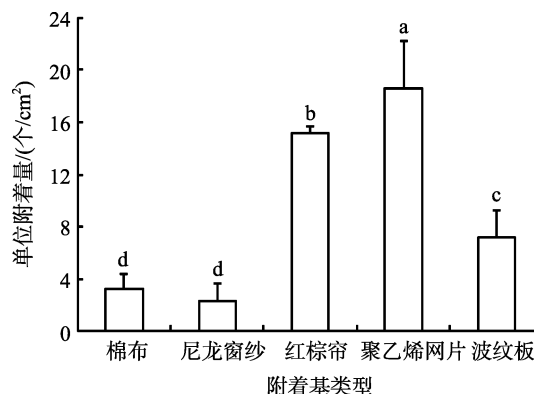


图 1 附着基类型对毛蚶幼虫附着的影响

Fig. 1 The impact of substrate types on settlement and metamorphosis of *S. subcrenata* larvae

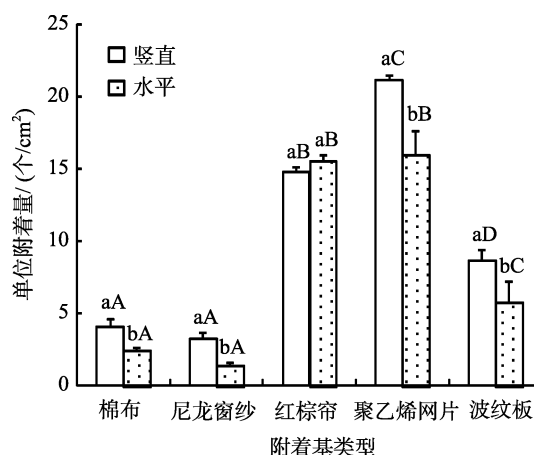


图 2 附着基摆放方式对毛蚶幼虫附着的影响

Fig. 2 The impact of substrates setting on settlement and metamorphosis of *S. subcrenata* larvae

均显著优于中层和上层 ($P < 0.05$), 而棉布处理组幼虫在中层的附着量又显著优于上层, 但棕帘处理组中幼虫在上层和中层附着量的差异并不显著; 尼龙窗纱处理组中幼虫附着量在中层和下层差异不显著但却都显著高于上层 ($P < 0.05$); 在聚乙烯网片和波纹板处理组中, 幼虫的附着量依次为下层 > 上层 > 中层, ($P < 0.05$), 正如图 3 所示; 因此综合比较, 无论使用哪种附着基, 幼虫都比较偏好在竖直放置附着基的下层附着。

2.1.4 附着基对毛蚶幼虫附着所需时间、附着密度和附着规格的影响

在不同的附着基处理组中, 毛蚶幼虫附着所需时间、附着密度、平均变态率、附着变态规格都有显著性的差异(表 1), 在棉布、窗纱和波纹板处理组中幼虫附着所需时间显著短于红棕帘和聚乙烯网片处理组, 但幼虫附着规格较小、数量少 ($P < 0.05$); 红

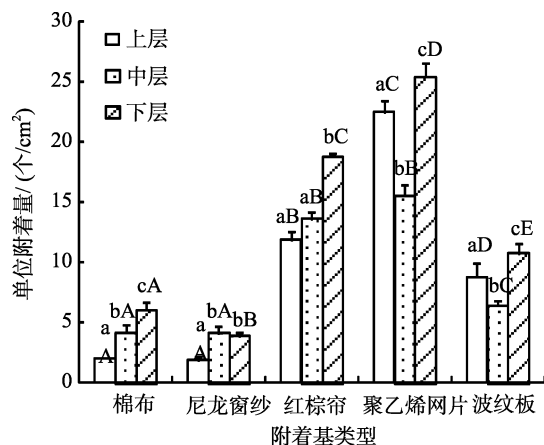


图3 附着基上、中、下三层毛蚶幼虫附着量

Fig. 3 Settlement of *S. subcrenata* larvae on upper, middle and lower layers of different substrates

表1 不同附着基对毛蚶幼虫附着所需时间、附着密度和附着规格的影响

Tab. 1 Effects of different substrates on *S. subcrenata* larvae settlement time, density and size

| 附着基种类 | 全部附着时间 (d) | 附着密度 (个/cm ²) | 平均变态率 (%) | 附着变态规格 (壳长 μm×壳高 μm) |
|-------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---|
| 棉布 | 3.33 ± 0.58 ^a | 3.23 ± 0.19 ^a | 2.30 ± 0.14 ^a | (250.23 ± 2.39 ^a)×(186.23 ± 2.66 ^a) |
| 尼龙窗纱 | 4.33 ± 0.58 ^a | 2.34 ± 0.12 ^a | 1.61 ± 0.08 ^a | (256.17 ± 4.27 ^a)×(189.53 ± 4.56 ^a) |
| 红棕帘 | 10.00 ± 1.00 ^b | 15.17 ± 0.23 ^b | 10.40 ± 0.15 ^b | (296.30 ± 2.75 ^b)×(207.40 ± 1.49 ^b) |
| 聚乙烯网片 | 8.33 ± 0.58 ^b | 18.57 ± 1.00 ^b | 14.90 ± 0.80 ^c | (283.33 ± 3.16 ^b)×(201.90 ± 3.74 ^b) |
| 波纹板 | 5.33 ± 0.58 ^a | 7.21 ± 0.84 ^a | 5.35 ± 0.62 ^d | (265.43 ± 1.55 ^a)×(190.40 ± 1.39 ^a) |

注: 数据均表示为平均数±标准差(n=3); 同一栏中数据上标不同字母表示存在显著性差异(P<0.05)

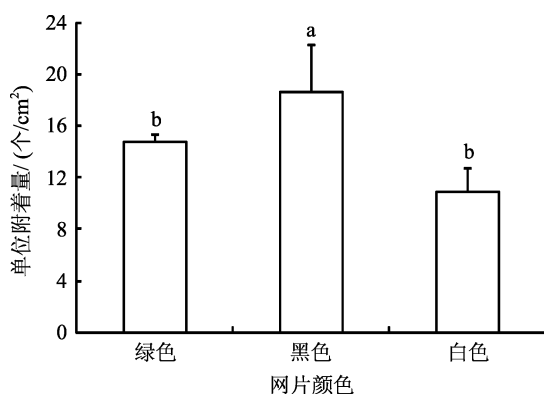


图4 网片颜色对毛蚶幼虫附着的影响

Fig. 4 The impact of PVC meshes colors on settlement and metamorphosis of *S. subcrenata* larvae

2.2.2 不同颜色网片摆放方式对毛蚶幼虫附着的影响

由图5可知, 在绿色网片处理组中竖直放置网片上幼虫附着量与水平放置的网片差异并不显著; 但在白色和黑色网片处理组中, 竖直放置网片上幼虫附着量均显著高于水平放置的网片(P<0.05)。

2.2.3 不同颜色网片上中下三层毛蚶幼虫附着量的差异

在3种不同颜色网片处理组中, 黑色和绿色网

棕帘和聚乙烯网片处理组幼虫所需附着时间较长, 而且附着后的规格显著更大(P<0.05); 幼虫附着变态率在不同的处理组也有显著差异(P<0.05), 聚乙烯网片 > 红棕帘 > 波纹板, 棉布和窗纱处理组幼虫变态率均较低, 二者间也并没有显著性差异; 因此聚乙烯网片、红棕帘和波纹板是更适宜的附着基。

2.2 附着基颜色对毛蚶幼虫附着变态的影响

2.2.1 网片颜色对毛蚶幼虫附着的影响

黑色网片处理组毛蚶幼虫附着量显著优于绿色和白色网片处理组(P<0.05), 而绿色和白色网片处理组之间幼虫的附着量并没有显著性差异(图4)。

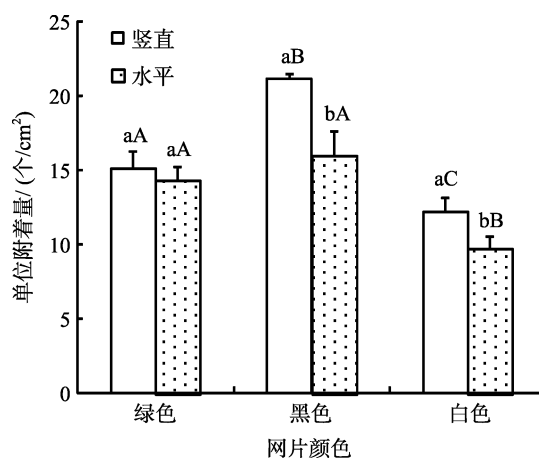


图5 不同颜色网片摆放方式对毛蚶幼虫附着的影响

Fig. 5 The impact of different colors PVC meshes setting on settlement and metamorphosis of *S. subcrenata* larvae

片上层下层苗种的单位附着量均显著高于中层(P<0.05), 但在白色网片处理组中下层与中层苗种附着量差异并不显著(图6); 在白色网片处理组中, 上层苗种的附着量显著高于下层(P<0.05), 而在绿色网片处理组中二者之间的差异并不显著; 但在黑

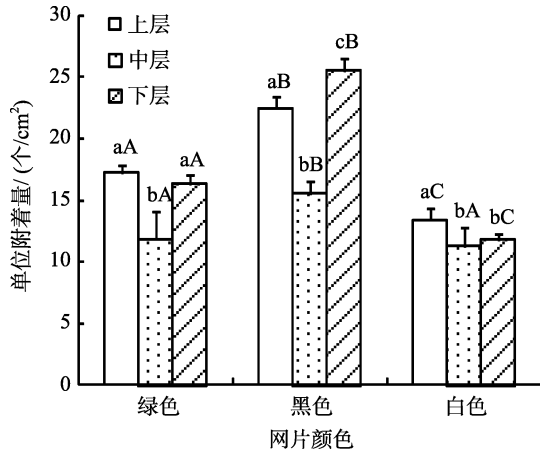


图6 不同颜色网片上、中、下三层毛蚶幼虫附着量

Fig. 6 Settlement of *S. subcrenata* larvae on upper, middle and lower layers of different colors PVC meshes

表2 网片颜色对毛蚶幼虫附着所需时间、附着密度和附着规格的影响

Tab. 2 Effects of PVC meshes colors on *S. Subcrenata* larvae settlement time, density and size

| 网片颜色 | 全部附着时间 (d) | 附着密度 (个/cm ²) | 平均变态率 (%) | 附着变态规格 (壳长 μm×壳高 μm) |
|------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|--|
| 绿色 | 6.67 ± 0.58 ^a | 14.73 ± 0.90 ^a | 11.82 ± 0.73 ^a | (279.30 ± 5.94 ^a) × (210.00 ± 6.93 ^a) |
| 黑色 | 6.33 ± 1.15 ^a | 18.57 ± 1.00 ^b | 14.90 ± 0.80 ^b | (283.33 ± 3.16 ^a) × (201.90 ± 3.74 ^a) |
| 白色 | 7.67 ± 1.53 ^a | 10.94 ± 0.86 ^c | 8.77 ± 0.69 ^c | (269.60 ± 12.24 ^a) × (186.03 ± 9.39 ^a) |

注: 数据均表示为平均数±标准差(n=3); 同一栏中数据上标不同字母表示存在显著性差异(P<0.05)

3 讨论

对毛蚶幼虫附着变态所需附着基种类的选择需要综合考虑附着基的成本、实用性以及粗糙度等因素。聚乙烯网片、棕帘和波纹板都是贝类苗种生产中常用的附着基,但不同的贝类苗种对附着基会有不同的偏好。这3种附着基放置于水体中后不易变形变质、稳定性好,可保证水体流通顺畅,同时也几乎没有污染,所以苗种附着效果较好。杜尚昆^[15]的研究也认为毛蚶幼虫在网片和波纹板上附着的效果要优于其他基质。尼龙窗纱虽然材料简便易得,且在水体中稳定无污染,但粗糙度不够大、相对表面积小,因此还是不利于幼虫的附着。棉布最大的缺陷就是长时间浸泡于水中易变形,稳定性差,大面积布放于水中可能影响水体的交换,但其优点可能是苗种所需要的附着时间较短,这可能与棉布中含有的某些诱导成分有关。幼虫在网片和红棕帘上附着变态率高,虽然附着变态的时间相对较长,但附着变态的规格大而且稚贝活力好。徐国成^[16]等对毛蚶后期壳顶幼虫的研究也得出类似的结论,认为在聚乙烯网片、红棕绳上幼虫附着率较高,稚贝活力好、生长快。竖直放置处理组幼虫单位附着量总体上要好于水平放置,苗种更倾向于附着于竖直放置的附着基

色网片处理组中下层苗种的附着量显著高于上层(P<0.05),因此在竖直放置的网片上幼虫更多的是偏好在上层和下层进行附着。

2.2.4 网片颜色对毛蚶幼虫附着所需时间、附着密度和附着规格的影响

在不同颜色的网片处理组中,毛蚶幼虫的附着密度和平均变态率有显著性差异(P<0.05,表2);黑色网片显著吸引了更多的幼虫附着,并且幼虫的平均变态率高,而绿色网片幼虫的附着效果又显著优于白色网片处理组(P<0.05);在三种不同颜色网片处理组中,幼虫全部附着所需要的时间和附着变态规格并没有显著性差异,因此综合比较黑色聚乙烯网片是相对更适宜的附着基。

上,这可能是由于水平放置的附着基位于桶底部,底部水体交换差,同时水体底部代谢废物也可能不利于苗种存活导致的。无论在哪一种类型的附着基处理组中,竖直放置附着基下层的附苗量均要显著优于中层和上层,这说明了苗种对光照的适应性,避免较强光照可能是苗种在下层大量附着的重要原因。同时由于实验桶水体较小,轻微连续曝气可能使苗种在中层和上层较难附着,因而附着在下层可能是较适宜的选择。

幼虫对聚乙烯网片的颜色有不同的偏好,这种选择差异可能直接与光照有关,不同颜色的附着基置于水体中后可能会使各处理组桶内亮度不一,而幼虫对不同光亮会有不同的选择,避免强光可能是幼虫对光照的适应,从而使不同颜色附着基上附苗量会有显著地差异。Su等^[17]的实验表明马氏珠母贝(*Pinctada martensii*)幼虫有明显的负的趋光性。Jin^[18]也发现了黑色的比红色塑料波纹板显著吸引了更多的马氏珠母贝幼虫附着。Saucedo等^[19]也发现巴拿马珠母贝(*Pinctada mazatlanica*)的幼虫与在绿色和绿色相结合的采苗器上相比,更多的是附着在红色和黑色相结合的采苗器上,这些现象都说明了幼虫对较深颜色附着基的喜爱。

因此根据本实验的结果,在毛蚶苗种的生产过

程中, 应选择聚乙烯网片、红棕帘和波纹板作为幼虫的附着基, 同时为了适应毛蚶幼虫附着时负的趋光性, 生产中适宜使用一些深颜色的附着基并且在适宜的光照范围内对幼虫进行培养, 此外还应更多地附着基布放于水体的中下层以利于吸引更多的幼虫附着进而提高附着率。

参考文献:

- [1] 农业部渔业局. 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2011:29-30.
- [2] Crisp D J. Factor influencing the settlement of marine invertebrate larvae [C]//Grant P T, Mackie A M. Chemoreception in Marine Organisms (1). London: Academic Press, 1974: 177-265.
- [3] Barnes H. A review of some factors affecting settlement and adhesion in the cyprids of some common barnacle [C]//Manly R S. Adhesion in Biological Systems. New York: Academic Press, 1970: 89-111.
- [4] Pawlik J R. Chemical ecology of the settlement of benthic marine invertebrates [J]. Oceanography and marine biology: an annual review, 1992, 30: 273-335.
- [5] Clare A S. Marine natural product antifoulants: status and potential [J]. Biofouling, 1996, 9: 211-229.
- [6] Underwood A J, Keough M J. Supply-side ecology. The nature and consequences of variations in recruitment of intertidal organisms [C]//Bertness M D, Gaines S D, Hay M E. Marine Community Ecology. Massachusetts: Sinauer Associates, 2001:183-200.
- [7] Fraschetti S, Giangrande A, Terlizzi A, et al. Pre- and post-settlement events in hard- and softbottom community dynamics [J]. Acta Oceanologica Sinica, 2003, 25: 285-296.
- [8] Faimali M, Falugi F, Gallus L, et al. Involvement of ACh in settlement process of *Balanus amphitrite* [J]. Biofouling, 2003, 19 (Suppl.): 213-220.
- [9] Meadows P S, Campbell J I. Habitat selection by aquatic invertebrates [J]. Advances in Marine Biology, 1972, 10: 271-382.
- [10] Crisp D J, 1984. Overview of research on marine invertebrate larvae, 1940-1980 [C]//Costlow J D, Tipper R C. Marine Biodeterioration: An Interdisciplinary Study. Maryland: US Naval Institute Press, 1984: 103-126.
- [11] Little B J, Wagner P, Maki J S, et al. Factors influencing the adhesion of microorganisms to surface [J]. The Journal of Adhesion, 1986, 20: 187-210.
- [12] Fletcher R L, Callow M E. The settlement, attachment and establishment of marine algal spores [J]. British Phycological Journal, 1992, 27: 303-329.
- [13] Glasby T M. Surface composition and orientation interact to affect subtidal epibiota [J]. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 2000, 248: 177-190.
- [14] Terlizzi A, Conte E, Zupo V, et al. Biological succession on silicone fouling-release surface: long term exposure tests in the harbour of Ischia, Italy [J]. Biofouling, 2000, 15: 327-342.
- [15] 杜尚昆. 毛蚶幼体不同附着基附着效果试验[J]. 科学养鱼, 2008, 4: 22-23.
- [16] 徐国成, 马甦, 闫斌伦, 等. 影响毛蚶苗种培育的主要因素[J]. 水产科技情报, 2007, 34 (5): 195-198.
- [17] Su Zhenxia, Huang Liangmin, Yan Yan, et al. The effect of different substrates on pearl oyster *Pinctada martensii*(Dunker) larvae settlement [J]. Aquaculture, 2007, 271:377-383.
- [18] Jin Q Z. Biology of Pearl Oyster Larvae [M]. Beijing: Marine Press, 1992: 50-84.
- [19] Saucedo P E, Bervera-León H, Monteforte-Sánchez M, et al. Factors influencing recruitment of hatchery reared pearl oyster spat [J]. Journal of Shellfish Research, 2005, 24: 215-219.

The effect of different substrates on bloody clams (*Scapharca subcrenata*) larvae settlement and metamorphosis

GAO Xiao-long¹, LI Li², QIU Zhao-xing², KONG Ling-feng¹, ZHENG Yong-yun², LI Qi¹
(1. Fisheries College, Ocean University of China, Qingdao 266003, China; 2. Mariculture Institute of Shandong Province, Qingdao 266002, China)

Received: Jun.,5,2013

Key words: *Scapharca subcrenata*; substrate; color

Abstract: In the present study, the effect of various substrates on the settlement and metamorphosis of bloody clams, *Scapharca subcrenata*, was evaluated. The results showed that PVC meshes, red coir rope, plastic plates were preferable substrates. We found that vertically positioned substrate attract had more larvae settlement than horizontally positioned substrates ($P<0.05$). The difference of settlement densities on upper layer, middle layer and lower layer of vertically positioned substrate was significant ($P<0.05$). The lower layer of vertically positioned substrate attracted more larvae than middle and upper layers. In addition, the settlement of larvae in the experiments with three different color substrates was compared and it's showed that deep color PVC meshes (black) attracted significantly more larvae ($P<0.05$) than light color (white and green). So in the process of production, larvae settlement density will be improved by using deep color PVC meshes and placing it in the middle and lower layers of water, which obtain a stable and efficient grow seedlings effect.

(本文编辑: 刘珊珊)